

木コンクリート橋の歴史的価値の評価手法 に関する考察

岩田 圭佑¹・榎本 碧²・原口 征人³

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34）
E-mail: iwata-k@ceri.go.jp

³正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34）
E-mail: enomoto-m@ceri.go.jp

²正会員 一般社団法人北海道開発技術センター（〒001-0011 札幌市北区北 11 条西 2 丁目 17 号）
E-mail: haraguchi@decnet.or.jp

北海道で戦前から戦後にかけて建設された木（もく）コンクリート橋については、歴史的価値が認められるものの、現存する橋梁はわずかであり、保全が課題となっている。そこで本研究では、木コンクリート橋の保全に携わる橋梁の管理者や技術者が活用できる知見の提供を目的として、北海道および米国の事例調査から、木コンクリート橋建設の経緯と時期、建設された橋梁の変遷等を調査し、これまで詳らかにされていなかった木コンクリート橋の着想経緯や建設の歴史などの歴史的価値を把握するとともに、その評価手法を考察した。

Key Words: Hokkaido, timber-concrete composite bridge, technical features, historical value

1. はじめに

木コンクリート橋は、戦中から昭和 40 年代にかけて、RC 橋や鉄橋、鋼橋の代替橋として北海道の広い範囲で架橋された。特徴的な構造や、北海道を中心に建設されたという地域性を有した、歴史的価値のある橋梁型式である（写真-1）。しかし、現在北海道内で確認されている木コンクリート橋は数橋のみであり、それらも近い将来架け替えや廃橋がなされる可能性が高く存続の危機にある（写真-2）。

木コンクリート橋の保全に向けた補修や補強、活用策を検討するため、著者らは土木学会北海道支部の選奨土木遺産委員会のメンバー等により、文献や現地での調査を行い、木コンクリート橋の価値評価や、歴史的価値を損なわないよう補修活用する方法について検討してきた。

本稿では、過年度までの調査結果を踏まえ、明らかにできていない点を整理するとともに、北海道および米国等海外の木コンクリート橋について補足調査を行い、木コンクリート橋の歴史的価値と保全の方策について報告する。



写真-1 北海道に現存する木コンクリート橋（歌越別橋）



写真-2 左) 通行が禁止されている（初山別村 歌越別橋）
右) 桁や橋脚が損壊している（積丹町 柏谷橋）

2. これまでの調査結果と未解明事項

木コンクリート橋は、1938（昭和13）年、北海道庁土木部試験室（現：寒地土木研究所）の高橋敏五郎技師（1906～1986）の指導の下、開発された橋梁型式である。戦中・戦後の鋼材不足を乗り切る代用工法として開発され、鋼材不足解消後も広く活用され続けた。構造上の大きな特徴は、木桁とコンクリート床版を連結し合成桁とした点であり、図-1 に示した通り、圧縮応力に強いコンクリート床版と、引張応力に強い木桁が互いに協力し一体となって荷重に抵抗できるようにした点が特徴である。木桁とコンクリート床版を合成桁とした技術は、戦後国内で急速に普及した鋼コンクリート合成桁の先駆けともいわれている²⁾。

著者らの研究³⁾に対し、十分明らかにできていない事項を下記(1)～(4)に整理するとともに、次章以降で補足的な調査と分析を加え、明らかにできた点と、未解明の点を取りまとめる。

(1) 木コンクリート合成桁の着想経緯

まず、木とコンクリート橋の結合方法に関する着想経緯や技術的価値（いわば木コンクリート橋の最も特徴的な技術に関する価値）について明らかにすることである。

高橋ら³⁾は、1940（昭和15）年に木コンクリート橋の開発について報告した雑誌「道路」で、戦時下の橋梁に対する社会的要請について下記の通り述べている。

- 日中戦争拡大に伴う鋼材の使用制限を受け、北海道の橋梁工事が鋼橋から木造橋に逆行したこと
- 現行の木造橋は自動車交通を対象としておらず、桁橋では重ね桁の使用を余儀なくされること
- 木材の需要増大に伴って、木造橋工費の高騰のみならず、材料の入手も困難となっていること
- 北海道内において橋梁延長で年間 3000m-4000m の木造橋を架けなければならないこと

これらの課題を踏まえ、高橋らはその後架設する木造橋に関して、「工費の低廉」「材料の入手簡易化」「維持費の減少」「寿命の延長」「許容荷重の増大」という非常に多くの要求を実現する新形式である木コンクリート橋を着想した。

これらを技術的に実現するため、高橋は、「当時は鋼材節約のため、木筋コンクリートとか、竹筋コンクリートとかが、大っぴらに技術雑誌などにも出ていた。しかしコンクリートよりE（著者注：ヤング係数）の小さい木や竹を、コンクリートに埋め込んで協力させるというのは、どだい間違っている。木材を抗張筋の代用に使うなら、コンクリートの下に露出させて合成すべきだというのが、私たちの発想であった」⁴⁾と述べている。

また、「ためしに外国雑誌を調べてみると、世界は広

非合成桁：床版と桁が独立して荷重に対応

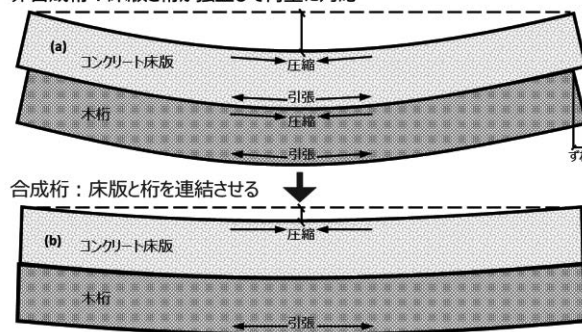


図-1 コンクリート床版と木桁による合成桁のイメージ

いもので、ちゃんとそのような工法のモデルがあった。ただ、それでは、再材をべた並べにして、シャーププレートという鉄板を表面に打ち込み、その上にコンクリートを打設するものであった。これではおもしろくないので、私達は木桁とコンクリート板をTビーム型に組み合わせることにして、シャーププレートの代わりに欠き込みを作る方法、デュペル、スパイクなど伝達金具を使うことを考え、実験にかかることになった」とある⁴⁾。

以上から、全国的に鉄筋を用いない構造が検討される中、高橋らは木材（特に北海道で営林されていたカラマツ材など）とコンクリートの材料特性にあった独自の構造を着想し、具体的設計を進めていった可能性が高いと考えられるが、高橋らがどの事例参考として技術的着想にたどり着いたのかは明らかにできていない。実は、高橋らと同時期に米国においても木コンクリート橋の技術的検討と普及が進んでいたことがわかっている。これらの事例を参照したのではないかという仮説のもと、これらの文献から米国で木コンクリート橋が普及した実態を把握する。

(2) 木コンクリート合成桁の技術的価値

前節で示した木コンクリート橋の技術的課題に対して高橋らが行った具体の検証内容については、1940年の「木コンクリート橋について」³⁾、それに続く1942年の「再び木コンクリート橋について」⁵⁾としてまとめられている。高橋らは、木桁の上部に「欠き込み（のこぎりの歯のように木材の接合面を加工して対剪断性を高める）」を施し、両者の結合力を高める方法を着想した。そして、欠き込みの形状について、図-2 に示す様な種々の形状の木材欠き込み工法で載荷試験を行い効果的な形状を検討した結果、水平剪断力の大きくなる桁端部ではA案、中央部にはB案を用いることとした（図-3）。

以上について、同時期に木コンクリート橋が普及した米国の事例と比較することで、欠き込みを施す結合手法が有する先見性や妥当性といった価値を示す。

(3) 木コンクリート橋のタイプ

次に、各木コンクリート橋の架橋年代と構造形式から、主な時代性や形式のタイプを明らかにすることである。

著者らが 1943 (昭和 18) 年に当時の北海道庁が発行した橋梁現況調査書⁶⁾を調べた結果、昭和 18 年までに合計 50 の木コンクリート橋がかけられていた。内訳は、国道：3 橋、地方費道：9 橋、準地方費道：38 橋であった。準地方費道が多く、現在の道道に広く普及していたことがわかる。エリア別では、札幌現業所管内をはじめ、道央圏を中心に架橋されていた。昭和 30 年代の橋梁現況調査書 (北海道開発局発行) ⁷⁾を調査し、札幌と函館を結ぶ 5 号をはじめ、228 号、229 号など後志地方から渡島檜山地方にかけて多く建設されていたことを把握した。

以上に対して、路線のどのような地域で増えたのかは十分明らかにできていない。そこで橋梁現況調査書のデータから、路線の橋梁毎の架橋変遷および分布図を作成し、主な時代性や形式のタイプを明らかにすることで、歴史的価値を評価するタイプ分析方法を示す。

(4) 現存する木コンクリート橋の有無

著者らの調査により、北海道内における国道および旧国道に関しては概ね現存橋の実態を把握しつつある。

他方、町村道については、実態を十分把握できていない。「ことに愉快だったのは、町村関係者が修繕も不要で、それに長持ちするのならこんな良いものはないとあって、町村道に利用し始めたことだった」⁴⁾と述べられており、国道のみならず、当時木橋の架橋が中心であった地方部の道路で広く普及していった可能性もある。そこで、北海道内外における現存橋梁について情報収集を行った。なお、本調査結果は発表時に報告する。

3. 米国事例との比較からみた木コンクリート橋の歴史的価値の考察

本章では、北海道と同時期に木コンクリート橋が普及した米国の事例との比較を行うことで、木桁とコンクリート床板の合成技術の先見性や妥当性について考察する。

調査にあたっては、James P. Wacker らの「100-Year Performance of Timber-Concrete Composite Bridges in the United States (米国における木コンクリート橋 100 年の耐久性能について)」⁸⁾を参照しており、本章の (1) はその概要をまとめたものである。この論文は、米国内の木コンクリート橋 (以下、米国内の木コンクリート橋については TCC 橋とする) に関連する文献やガイドライン、データベースのレビューに基づいて、TCC 橋の変遷や技術的特徴をまとめたものである。

(1) 米国における木コンクリート橋の建設

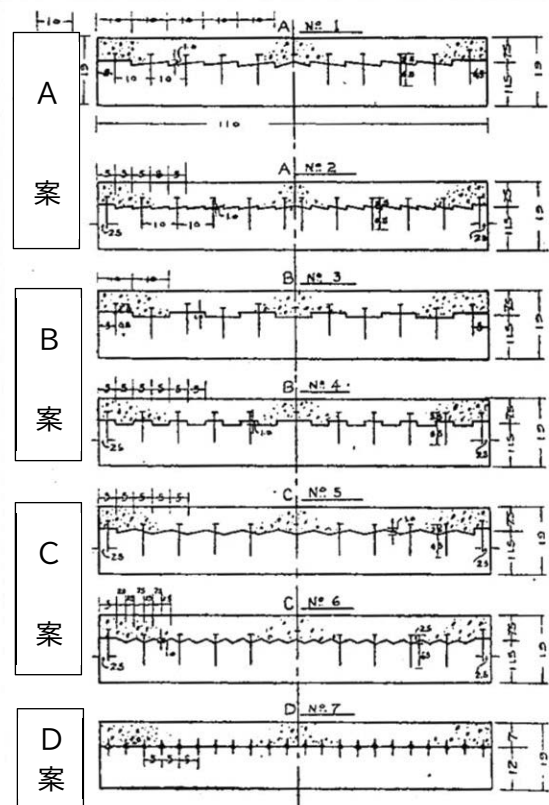


図-2 欠き込み構造の検証パターン (文献³⁾より転載・加筆)

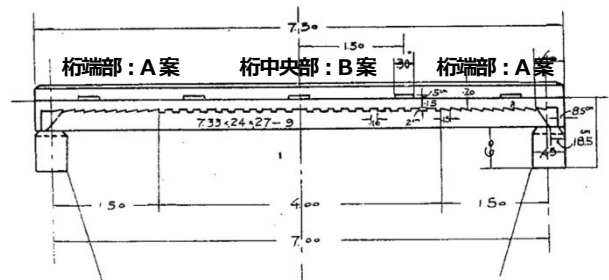


図-3 木コンクリート桁の設計側面図 (文献³⁾より転載・加筆)

TCC 橋の多くが、1930 年から 1960 年の期間に建設されたことが示されている。初期の時代において、TCC 構造の研究や建設が進んだ背景は、1930 年代の世界恐慌時に鋼鉄のコストが高くなったこと、1940 年代の戦時中に鋼鉄が希少であったことなどの経済的理由が主であったとされる⁹⁾。また、TCC 橋が道路橋の構造基準として明確に示されたのは、1949 年の AASHTO の道路橋設計基準¹⁰⁾が最初と考えられる。

a) 初期の TCC 橋 (1921~)

米国における TCC 橋の使用は、最初の橋が建設された 1920 年代年に遡る。シアトル市とワシントン大学が、コンクリートの耐摩耗性と木材の低コスト性を組み合わせることを目的として協力するようになったとされ¹¹⁾、1924 年には最初の木材とコンクリートの複合橋梁が建設されたと考えられている。

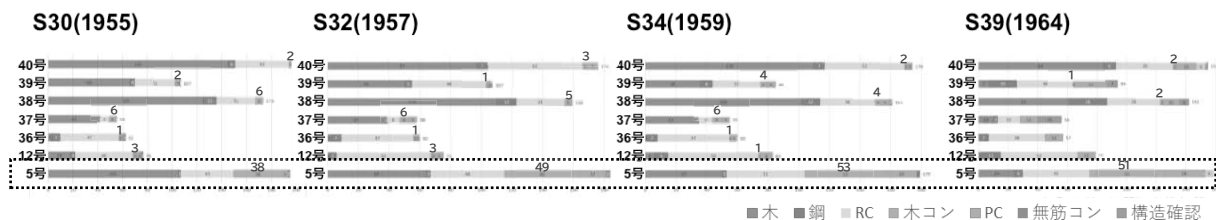


図-4 昭和30年代における路線別の架橋数の変遷（北海道内1級国道）

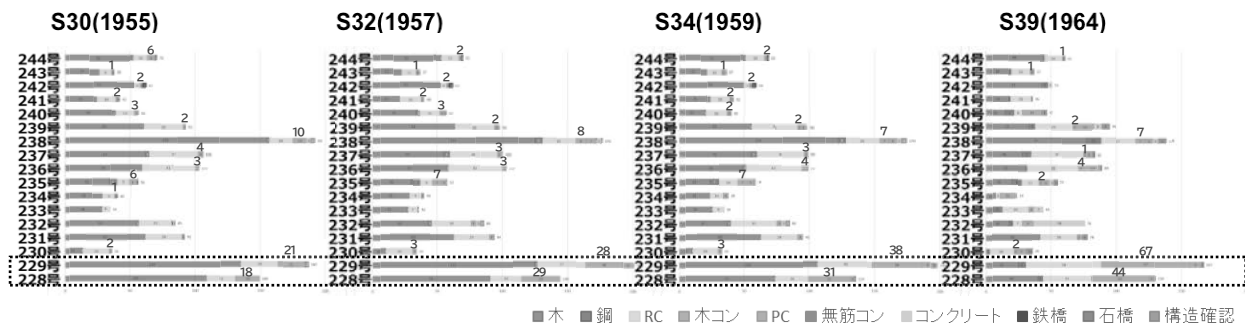


図-5 昭和30年代における路線別の架橋数の変遷（北海道内2級国道）

b) slab-type deck system (1933~)

1933年、J.F.SeilerがTCCデッキのためのティンバーネイル・ラミネートデッキ方式（隣接する木材を金属板で結合しコンクリート床板と結合したもの）を提案した。この提案は、ワシントンDCにあるジョージ・ワシントン大学の工学研究所との共同研究によって開発された実験に基づくものであり、デラウェア州、フロリダ州、カリフォルニア州など、米国のさまざまな場所で使用された¹¹⁾。

c) T-deck system (1941~)

オレゴン州道路局の技師 Conde B. McCullough により、複合T型断面の開発を目的とした一連の実験結果が1943年に出版され、さまざまな合成方式が分析されている⁹⁾。このとき使われた接続システムの中に、凹凸を設ける方法も確認されている。

d) 木造橋の補修 (1945~)

1940年代後半から1950年代前半にかけて、多くの木造橋がコンクリートデッキの上張りや改修され、1920年代後半から1930年代前半にかけて、カリフォルニア州の歴史的なルート66沿い、約257.5km (160mi) にわたって120以上のTCC橋が建設された。

(2) 北海道における木コンクリート橋との比較

米国の木コンクリート橋の技術的特徴の変遷を踏まえると、以下の点が明らかになった。

米国では、北海道で高橋らが技術的検討を始める以前よりTCC橋の技術開発と普及が進んでいた。このように技術的な体系化が試みられていたのは米国のみと考えられる。また、高橋らが1940年以前に参照していたネイル・ラミネート方式の橋梁が、1933年に開発されてお

り、これらの事例を参照した可能性が高い。高橋らの欠き込み方式の技術的検討が行われた後年に、欠き込みによる合成方式が検討されている。それらが具体的にどのようなシステムであり、どの程度普及したのかは把握できなかった。以上から、欠き込み方式の技術的特徴やそれらを仕様化して普及を進めたのは北海道オリジナルである可能性が高いことが確認され、当時の技術的特徴および社会的実用性において高い価値を有する構造形式であることがわかった。

4. 木コンクリート橋の変遷と分布

過年度の発表において、橋梁現況調査より、木コンクリート橋がいつどの路線で架けられてきたのかを示した。そこで、木コンクリート橋が多く建設された国道5号を事例として、橋梁の変遷と分布を明らかにする。

著者らの昨年の報告より、昭和30年代の調査をもとに、路線別に木コンクリート橋の架橋数を示す(図-4、図-5)。国道路線では、道南地方の5号線、228号、229号において多く架橋されており、初期に道央を中心に広がった傾向と異なる様子がうかがえる。

次に、国道5号線における木コンクリート橋の架橋変遷と分布図を示す(図-6、図-7)。路線沿いのどの地域で多く架けられたのかを見てみると、蘭越、黒松内を中心に、ニセコ、倶知安など、山間部での架橋数が多い傾向がうかがえる。北海道では、日本全国の中では林業活動が長く続いたため、路線の改良に合わせて、材料の運搬が難しく木材調達が容易な地区で導入が進んだのではと推察される。

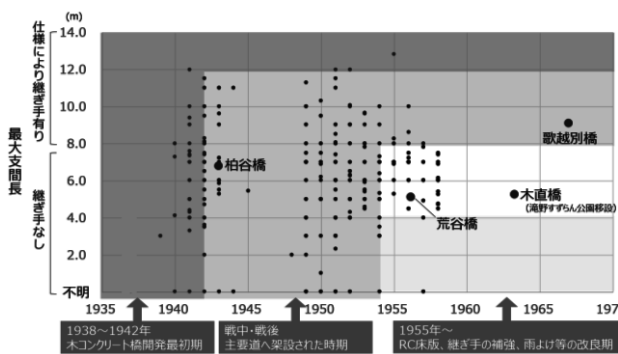


図-8 木コンクリート橋のタイプ分析シート (案)

なお、以上の成果とこれまでの知見に基づき、現在北海道内の木コンクリート橋をタイプ分類して評価する支援ツールとして、タイプ分析シートを作成している。

5. 結論

本章では、今後における戦後橋梁の評価手法について、これまでの知見を通じて得られた考察をまとめる。戦後橋梁は技術の大衆化と実用性が評価される点において、戦前の希少性評価とは異なる評価が必要である。評価の着眼点としては、①どのような理由でその形式が生まれたのか、②どのような技術的検証が行われたのか、③その技術がどのように普及し、④地域にどのような効果をもたらしたのか、⑤その後の技術的展開にどのような発展をもたらしたのかを知ることである。これらにより、当該技術の合理性、実用性を評価できる。特に、評価対象となる橋梁の数が膨大であり、文献調査、架橋位置の把握に関する調査にかかる労力は少なくない。また、保全技術の大衆化と実用性も求められる。地域やインフラのビジョンにおいて歴史的価値や環境的価値がどう扱われるのかが重要と考える。

(1) 主要な技術的価値の評価手法

戦後橋梁の歴史的価値の評価における最も重要な評価項目は、主要な技術的価値である。これの評価には、①どのような理由でその形式が生まれたのか、②どのような技術的検証が行われたのかを調査する必要がある。木コンクリート橋の場合、それは木桁とコンクリート床板の合成手法であり、のこぎり型の欠き込みが採用された。担当した技術者の経験と海外事例（おそらく米国）への問題意識から着想が得られ、構造試験の結果に基づき採

用された。この手法は、結果的にその後米国においても導入されており、世界的に見ても先見性のある技術開発だったことを把握した。

(2) 全体の系譜的価値と実用的価値の評価手法

次の評価項目としては、対象橋梁（形式）の主な系譜的価値を評価することである。それには、③その技術がどのように普及し、④地域にどのような効果をもたらしたのか、⑤その後の技術的展開にどのような発展をもたらしたのかを調査する必要がある。木コンクリート橋に関しては、上述の合成技術に加え、実用性を高めるために材料や構造形式の仕様が明確に定められ、全道各地で建設された。その後、自動車交通などの社会的状況の変化に合わせ、仕様が改善され、メンテナンス性が向上した。以上により、戦前から昭和40年にかけて建設され、北海道開拓に欠かすことのできない道路整備において重要な貢献を果たしたことを把握した。

REFERENCES

- 1) 岩田圭佑, 原口征人, 榎本碧, 今尚之: 北海道で普及した「木コンクリート橋」の技術的特徴について, 土木史研究講演集 Vol.42, pp.209-214, 2022.
- 2) 北海道新聞社: 北海道道路 53 話「木コンクリート橋」, pp.180-182, 1979.
- 3) 高橋敏五郎, 上戸斌司: 木コンクリート桁に就て, 道路, 第2巻第12号, pp.27-31, 1940.
- 4) 高橋敏五郎遺稿集編集委員会 企画・編集: 道路こそわがいのち 高橋敏五郎さんの足あと, p.280, 1986.
- 5) 高橋敏五郎: 再び木コンクリート橋に就て, 道路, 第9巻第8号, pp.23-27, 1942.
- 6) 北海道庁土木部道路課: 昭和18年4月現在 橋梁現況調査, 1943.
- 7) 北海道開発局建設部道路課: 1級国道・2級国道橋梁現況調査, 昭和30年6月ほか.
- 8) J. Wacker, A. Dias, T. Hosteng: 100-Year Performance of Timber-Concrete Composite Bridges in the United States, J. Bridge Eng. 25(3), ASCE, 2020.
- 9) McCullough, C. B.: Oregon tests on composite (timber-concrete) beams, J. Am. Concr. Inst. 14 (5), pp.429-440 1943.
- 10) AASHTO: 5th standard specifications for highway bridges, Washington DC, AASHTO, 1949.
- 11) DELDOT (Delaware Department of Transportation Division of Highways). Delaware's historic bridges.
- 12) Seiler, J. F. : New type of composite beam, Wood Preserving News, XI, 1933.

(Received April 10, 2023)